

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi serat tunggal TKKS

4.1.1. Hasil Uji Tarik Serat Tunggal

Hasil pengujian serat tunggal TKKS (Tandan kosong kelapa sawit) yang mengacu pada ASTM D3379 diperoleh kuat tarik sebagai berikut (Tabel 4.1.)

Tabel 4.1. Hasil pengujian tarik serat TKKS

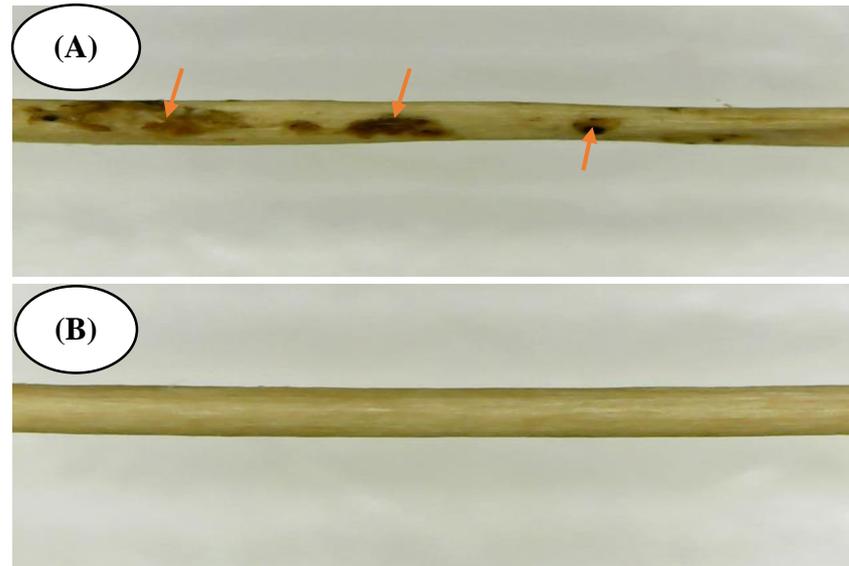
(ASTM D 3379 L = 50 mm)

No	Diameter rata rata (mm)	Luas Area (mm ²)	Nilai Beban pembebanan (kgf)	F (N)	σ Tarik (Mpa)	ΔL (mm)	ϵ Tarik (%)	E (Mpa)
1	0.3564	0.100	1.004	9.846	98.697	6.12	12.24	2681.016
2	0.5025	0.198	1.963	19.251	97.089	3.86	7.72	1348.902
3	0.4822	0.183	1.880	18.437	100.977	3.78	7.56	1464.848
4	0.3340	0.088	0.976	9.572	109.245	4.48	8.96	3052.685
5	0.2650	0.055	0.791	7.757	140.647	7.61	15.22	4849.345
6	0.4256	0.142	1.247	12.229	85.971	4.1	8.2	1880.236
7	0.4336	0.148	2.058	20.183	136.698	4.18	8.36	1811.534
Minimum	0.265				85.971		7.560	1348.902
Maximum	0.502				140.647		15.220	4849.345
Rata-rata	0.388				109.904		9.751	2679.359
Standar Deviasi	0.101				20.840		2.887	1422.442

Dari data table di atas diketahui hasil rata – rata kekuatan serat tunggal TKKS sebesar 109.904 MPa, regangan tarik sebesar 9.751%, dan modulus elastisitas sebesar 2679.356 MPa, namun hasil pengujian serat TKKS pada penelitian ini didapatkan hasil kekuatan tarik sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian serat tunggal yang dilakukan M.Yusoff, dkk (2010) yaitu 71 MPa. Faktor geografis dan iklim dapat mempengaruhi kekuatan mekanis serat TKKS. Dari hasil kekuatan tarik serat tunggal tersebut akan mempengaruhi kekuatan tarik pada komposit TKKS/epoxy.

4.1.2. Morfologi permukaan serat TKKS

Untuk melihat struktur permukaan serat TKKS dapat menggunakan mikroskop optik. Gambar 4.1. merupakan foto permukaan serat TKKS yang diperoleh dari mikroskop optik sebagai berikut.



Gambar 4.1. Foto optik serat TKKS. (a) serat TKKS tanpa perebusan
(b) serat TKKS dengan perebusan

Foto mikro pada gambar 4.1. adalah serat TKKS tanpa perebusan dan serat TKKS dengan perebusan. Gambar 4.1. (A) menunjukkan adanya bercak pengotor dan terlihat seperti adanya lapisan pembungkus pada permukaan serat.

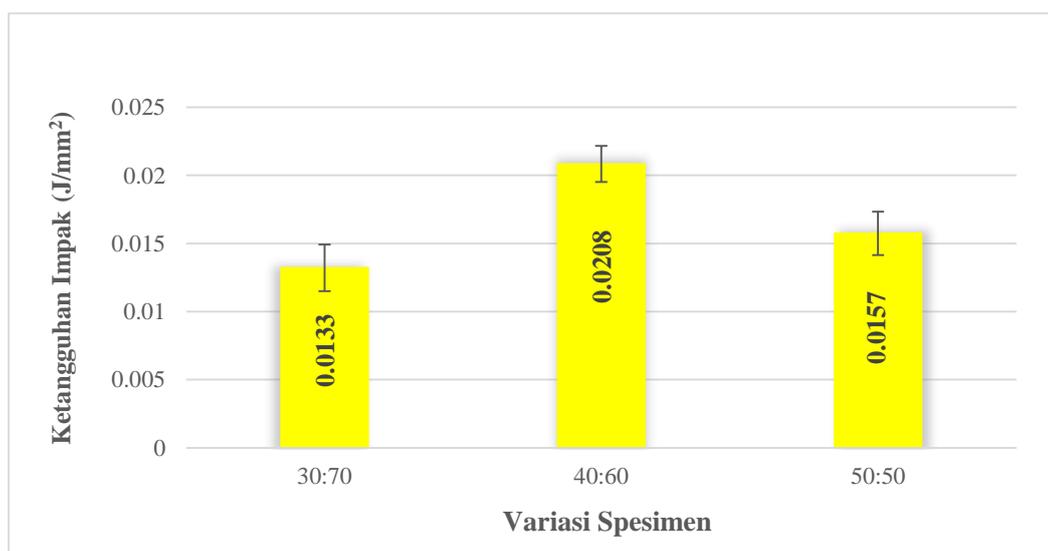
Hal yang sebaliknya terlihat pada serat TKKS dengan perebusan Gambar 4.1. (B) menunjukkan serat yang sudah mengalami proses perebusan memiliki permukaan yang bersih dari pengotor (Sisa kotoran limbah serat TKKS) seperti yang terlihat pada tanda panah. Hasil foto tersebut menunjukkan bahwa perlakuan perebusan pada permukaan serat dapat melarutkan material pengotor pada permukaan serat, yang akan mempengaruhi ikatan permukaan antara serat dengan matriks.

Menurut Agustina, dkk (2016) karakteristik serat TKKS (kuat tarik, berat jenis, panjang, dan diameter) tidak berpengaruh nyata terhadap perlakuan perebusan. Namun dengan bersihnya permukaan serat TKKS tersebut dapat meningkatkan ikatan antar matriks dan serat sehingga komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan mekanis yang baik dan sebaliknya jika semakin banyak material pengotor pada permukaan serat maka semakin lemah ikatan antar serat dengan matriks, yang mengakibatkan kekuatan mekanis komposit menjadi rendah.

4.2. Karakterisasi Komposit

4.2.1. Hasil pengujian Impak

Pada pengujian impak menghasilkan sebuah data dari komposit TKKS/epoxy dengan variasi perbandingan fraksi volume 30:70, 40:60, dan 50:50 sebagai berikut :



Gambar 4.2. Nilai perbandingan ketangguhan Impak.

Dari gambar 4.2 menunjukkan hasil komposit berpenguat serat TKKS 40% memiliki ketangguhan impak rata-rata sebesar 0.0208 J/mm². Nilai tersebut memiliki ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat serat 30 % yang memiliki ketangguhan impak rata-rata

paling rendah yaitu 0.0133 J/mm^2 , dan komposit berpenguat 50% memiliki ketangguhan impak rata-rata 0.0157 J/mm^2 .

Hasil ini menunjukkan bahwa ketangguhan impak komposit paling tinggi adalah pada fraksi volume serat TKKS 40%. Hal tersebut dikarenakan pada fraksi volume serat 40% memiliki ikatan yang baik antara serat dan matrik, sehingga mendapatkan nilai impak lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume 30% dan 50%.

Komposit dengan fraksi volume serat 30% banyak terdapat ruang kosong pada matrik, karena filler yang kurang dan matrik terlalu banyak, sehingga akan menimbulkan void/ruang kosong. Void timbul karena adanya celah yang tidak terisi filler. Adanya ruang kosong yang terdapat pada komposit menyebabkan pada saat penerimaan beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata, hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan mekanik pada komposit (Schwartz, 1984).

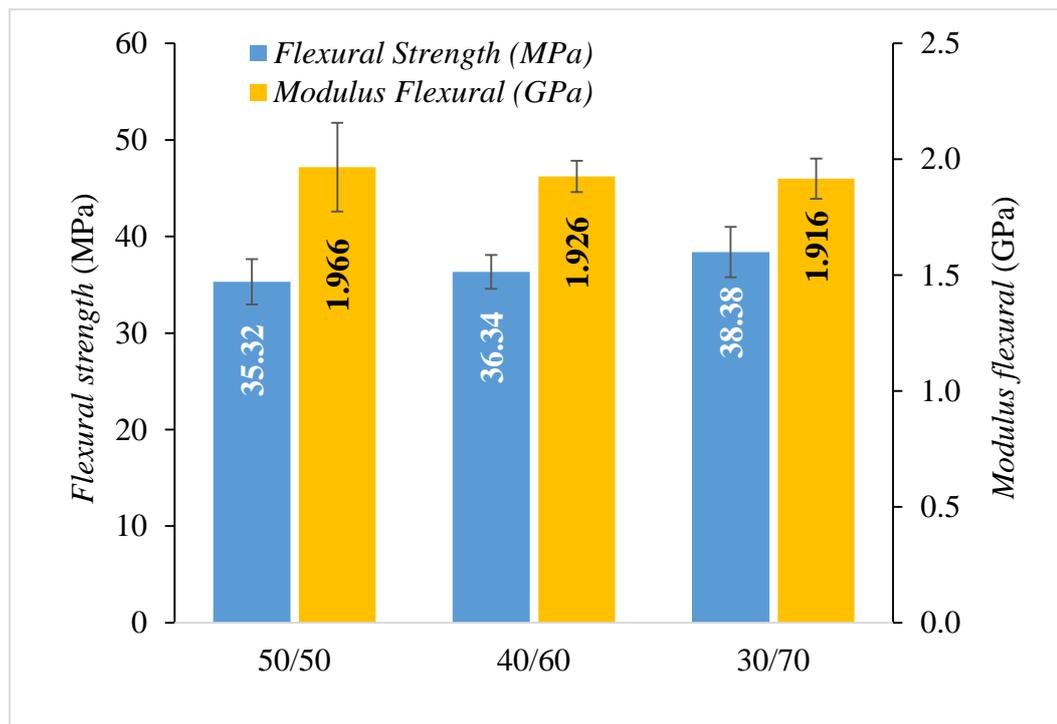
Komposit dengan fraksi volume serat 50% terjadi kekurangan matrik dan terlalu banyak filler. Akibatnya filler akan terjebak dalam matriks tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya dan filler hanya akan berperan sebagai *impurities* atau pengotor saja dalam spesimen (Gapsari, 2010).

Hal ini juga dibuktikan pada penelitian (Widodo, 2008). Fraksi volume serat terbaik untuk komposit ramah lingkungan berbasis serat alam ijuk dengan matrik epoxy adalah komposit berpenguat 40% serat, dimana pada fraksi volume serat ijuk 40% memberikan ketangguhan impak tertinggi yaitu sebesar $11,132 \text{ Joule/mm}^2$ dan hasil terendah pada fraksi volume 60 % sebesar $3,89 \text{ Joule/mm}^2$.

4.2.2. Hasil pengujian Bending

1. Kekuatan dan modulus bending komposit

Pada pengujian bending komposit TKKS/*Epoxy* didapatkan tiga jenis perhitungan, diantaranya kekuatan bending komposit, modulus elastisitas komposit, dan regangan komposit. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3. Kekuatan bending dan modulus bending komposit

Dari gambar 4.3. dapat disimpulkan bahwa kekuatan bending komposit berpenguat serat 30% mengalami peningkatan kekuatan bending seiring dengan berkurangnya filler yang digunakan. Dan komposit berpenguat serat 50% mengalami peningkatan modulus elastisitas bending.

Komposit dengan variasi fraksi volume serat TKKS 50% memiliki kekuatan bending rata-rata yang paling rendah yaitu sebesar 35,32 MPa, sedangkan untuk fraksi volume serat TKKS 40% memiliki kekuatan bending rata-rata sebesar 36,34 MPa, dan untuk kekuatan bending rata-rata yang tertinggi dengan fraksi volume serat TKKS 30% dengan nilai sebesar 38,38 MPa.

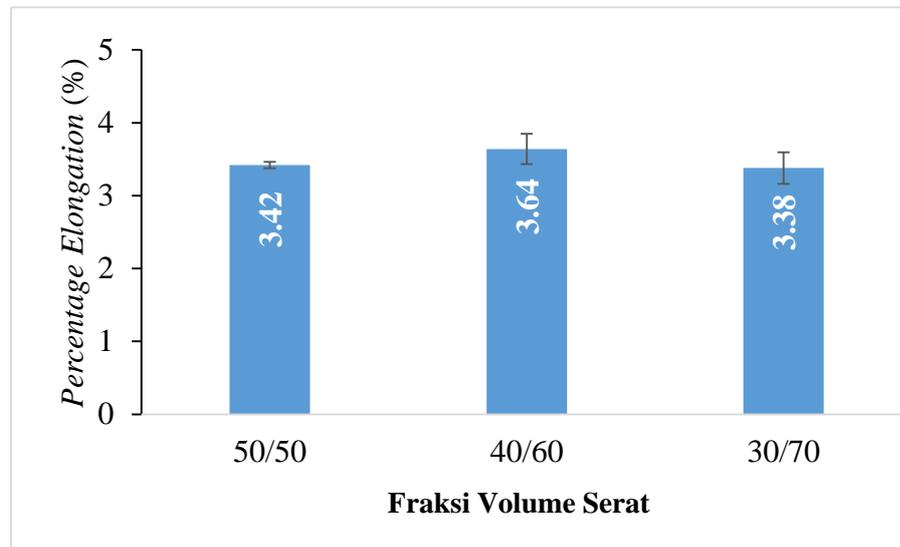
Penambahan variasi fraksi volume serat meningkatkan modulus elastisitas komposit. Komposit berpenguat serat 30% memiliki modulus elastisitas terkecil yaitu sebesar 1,916 GPa, sedangkan komposit berpenguat serat 40% memiliki modulus elastisitas sebesar 1,926 GPa, dan untuk komposit berpenguat serat 50% memiliki modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 1,966 GPa.

Penambahan fraksi volume tidak selalu meningkatkan kekuatan bending komposit. Yusoff (2010) meneliti kuat tarik dan kekuatan bending komposit serat TKKS dengan matriks epoxy dengan proses curing, dan menggunakan variasi fraksi volume serat 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pada penelitian tersebut komposit berpenguat serat TKKS 10% memiliki kekuatan bending paling optimal sebesar 51 MPa, dimana seiring bertambahnya fraksi volume serat 15% dan 20% mengalami penurunan kekuatan bending.

Hasil penelitian komposit TKKS-epoxy ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian (Yusoff 2010), karena pada penelitian ini mengalami tidak dilakukan proses curing hanya dilakukan perlakuan perebusan dan perbedaan penggunaan resin epoxy yang berbeda.

Peningkatan kekuatan bending dan modulus elastisitas dari setiap variasi disebabkan oleh perbedaan fraksi volume. Penggunaan serat yang semakin banyak atau kurang akan mempengaruhi ikatan antara serat dan matrik. (Gibson 1994) menyatakan bahwa penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik komposit untuk mendapatkan kekuatan mekanis yang optimal adalah perbandingan matrik dan penguat serat.

2. Regangan bending komposit

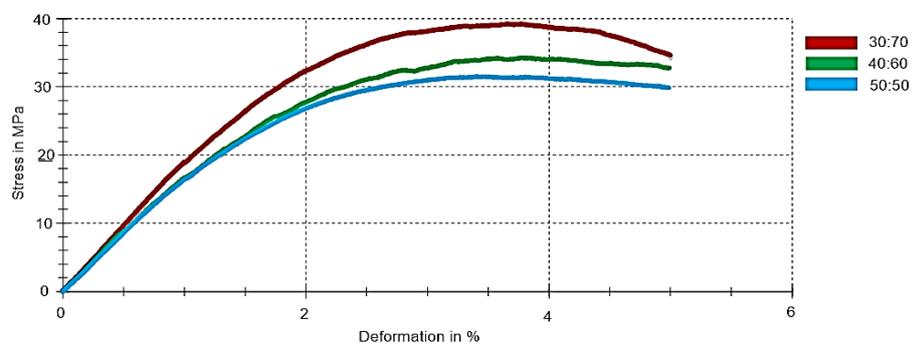


Gambar 4.4. Regangan bending komposit

Dari data regangan bending komposit 4.4. diperoleh hasil regangan bending dengan variasi fraksi volume serat komposit 30%, 40%, dan 50%.

Nilai regangan bending meningkat pada komposit berpenguat serat 40% sebesar 3,64%. Pada komposit berpenguat serat 30% memiliki regangan bending rata-rata paling kecil yaitu sebesar 3,38%, sedangkan pada komposit dengan variasi fraksi volume serat 50% memiliki regangan bending rata-rata sebesar 3,42%.

3. Grafik hasil pengujian bending



Gambar 4.5. Pengujian bending

Dari grafik pengujian bending 4.5. dapat disimpulkan bahwa komposit TKKS dan matriks epoxy memiliki sifat material yang ulet (*ductile*). Hal ini dikarenakan elongasi yang dihasilkan besar, dan pada grafik terlihat deformasi plastis yang besar. Deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen jika bebannya dilepas, (Surdia 2005).

4.2.3. Hasil Pengujian Densitas

Tabel 4.2. Hasil pengukuran Densitas Komposit

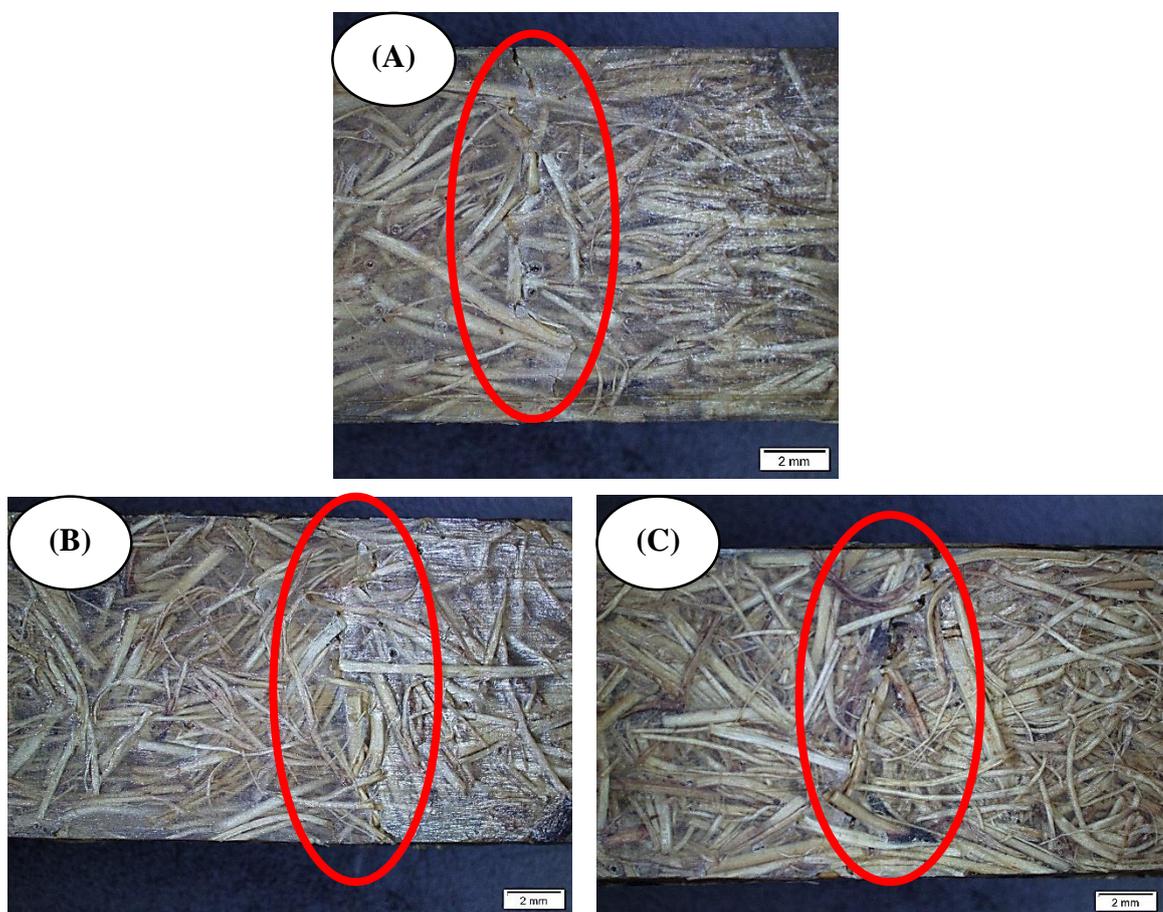
Sampel	Fraksi Volume	Berat (gram)	Volume (cm ³)	Densitas	Rata-rata (g/cm ³)
A	30%	0.58	0.590	0.9826	1.021
B		0.6	0.5486	1.0937	
C		0.6	0.637	0.9412	
D		0.58	0.544	1.0675	
A	40%	0.56	0.582	0.9620	0.932
B		0.56	0.605	0.9259	
C		0.52	0.6	0.8667	
D		0.56	0.574	0.9756	
A	50%	0.52	0.571	0.9099	0.819
B		0.48	0.645	0.7441	
C		0.46	0.613	0.7499	
D		0.52	0.598	0.8707	

Dalam pembuatan komposit, sifat unggul yang diharapkan adalah material yang kuat tetapi ringan. Ringan atau tidaknya suatu bahan ditentukan dari massa jenis bahan tersebut. Sehingga dalam pembuatan komposit yang dicari adalah komposit dengan kekuatan yang tinggi tetapi densitasnya ringan.

Dari tabel 4.2. di atas diperoleh hasil bahwa nilai densitas semakin naik seiring berkurangnya fraksi volume. Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa rentang kenaikan harga densitas ini dalam skala yang cukup kecil. Densitas tertinggi diperoleh fraksi volume 30% sebesar 1.021 gr/cm³.

Sedangkan nilai densitas paling rendah didapatkan pada fraksi volume 50% sebesar 0.819 gr/cm^3 dan fraksi volume 40% mendapatkan nilai densitas sebesar 0.932 gr/cm^3 . Hal ini disebabkan oleh penggunaan serat yang bertambah. Jika semakin banyak serat yang digunakan maka matriksnya semakin sedikit. Berkurangnya matriks menyebabkan massa komposit yang dihasilkan semakin kecil.

4.2.4. Struktur Patahan Spesimen Uji Bending



Gambar 4.6. Foto Makro hasil pengujian Bending

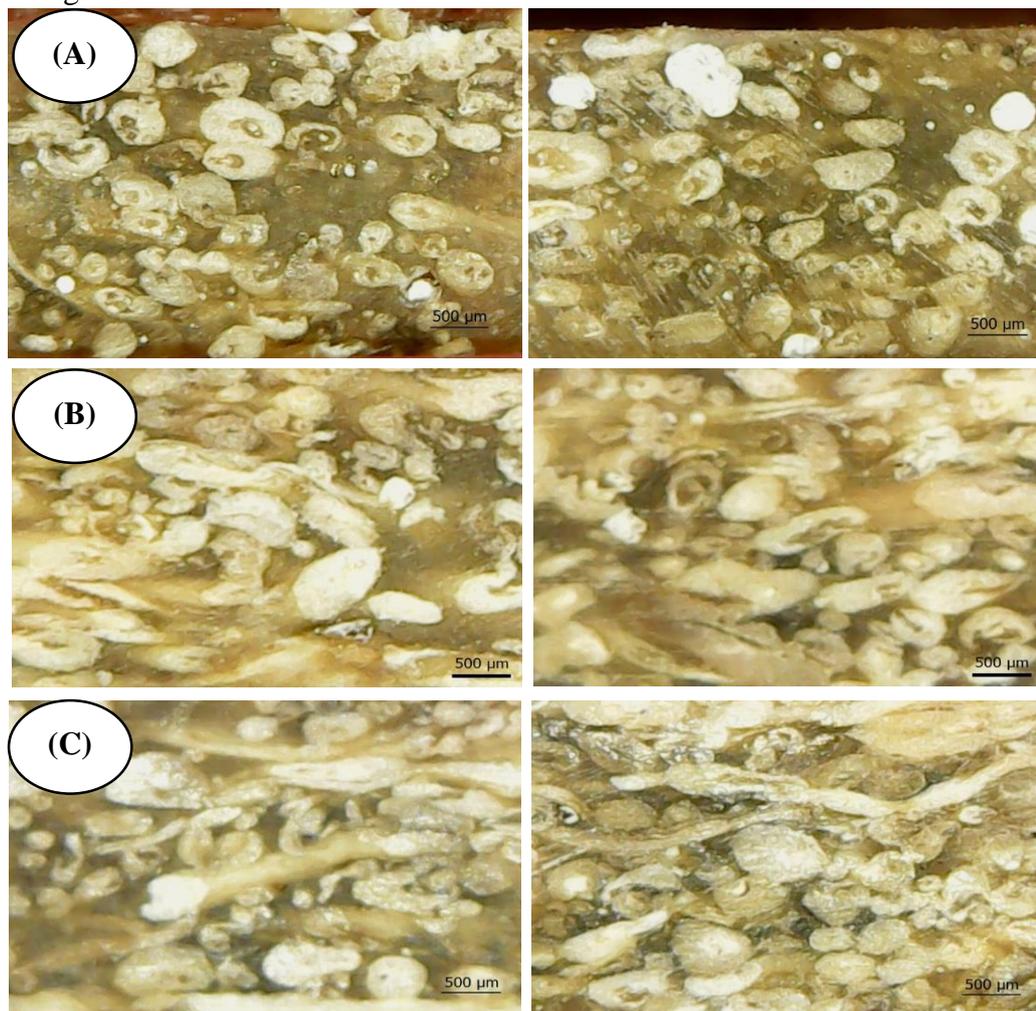
(A) Vf 30 %, (B) Vf 40%, (C) Vf50%

Dari hasil foto makro pada gambar 4.6. dapat diamati bahwa terlihat retakan yang luas pada komposit dengan fraksi volume 50% dibandingkan dengan fraksi 40% dan 30% seiring dengan berkurangnya fraksi volume. Pada hasil pengujian bending didapatkan nilai tertinggi pada fraksi volume 30%, hal ini dikarenakan resin epoxy sebagai matrik memiliki peranan yang sangat

penting pada pengujian bending, dimana dengan bertambahnya fraksi volume kekuatan bending menurun.

4.2.5. Struktur Potongan Spesimen Uji Bending dengan Citra Optik

Komposit hasil pengujian bending dipotong pada bagian tengah. Hasil potongan dibersihkan kemudian diamati menggunakan mikroskop optik digital.



Gambar 4.7. Struktur potongan komposit Epoxy/TKKS

(A) Vf 30 %, (B) Vf 40%, (C) Vf 50%

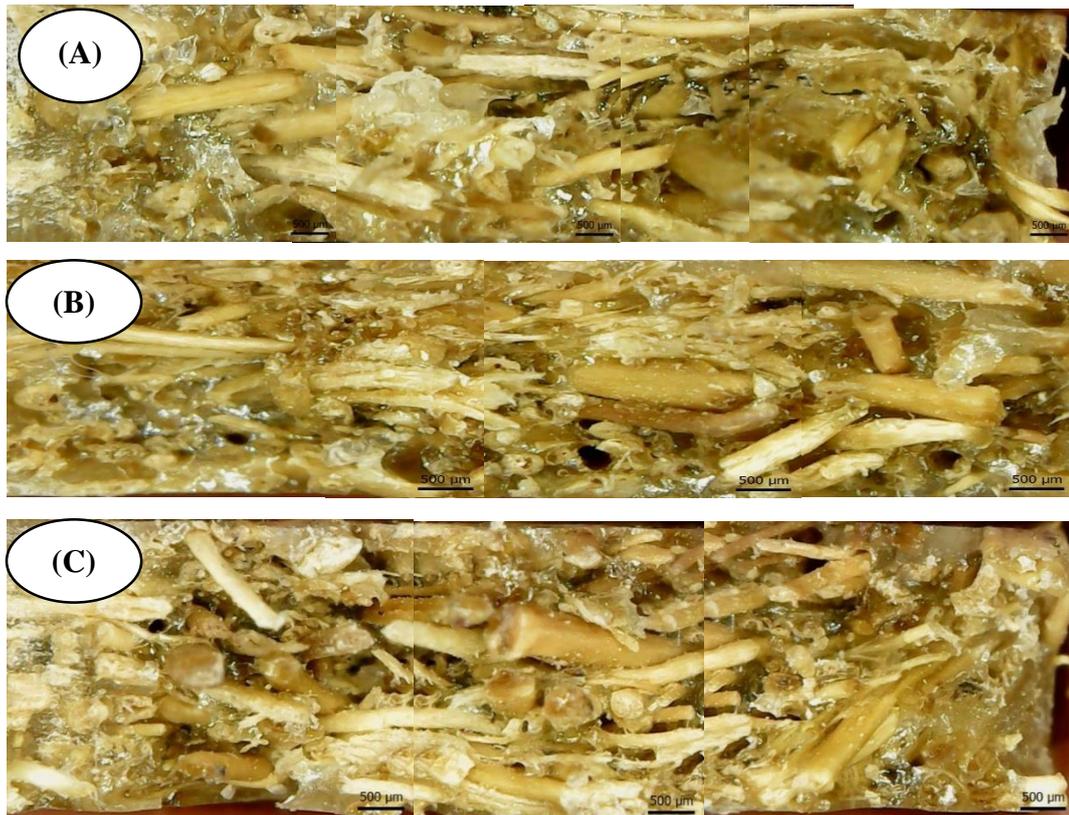
Hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik pada komposit TKKS/Epoxy dengan variasi fraksi volume serat 30%, 40%, dan 50%. Pada pengamatan ini menunjukkan bahwa letak serat TKKS sangat acak.

Pesebaran serat pada komposit berpenguat serat 30%, 40% dan 50% terlihat serat tersebar dengan rata. Persebaran serat yang merata menghasilkan kekuatan mekanis yang tinggi. Komposit berpenguat serat 30% terlihat banyak ruang kosong antara matriks dan filler, komposit berpenguat serat 40% terlihat berkurangnya ruang kosong antara matriks dan serat TKKS, sedangkan pada komposit berpenguat serat 50% matriks terisi penuh oleh serat TKKS dan terlihat penumpukan filler pada matriks. Ruang kosong yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan impak pada komposit (Oza 2010). Pada waktu komposit TKKS-Epoxy dikenai beban impak, maka bagian yang berongga menjadi tempat konsentrasi tegangan titik inisiasi/awal retak, sehingga kekuatan impaknya menjadi kecil.

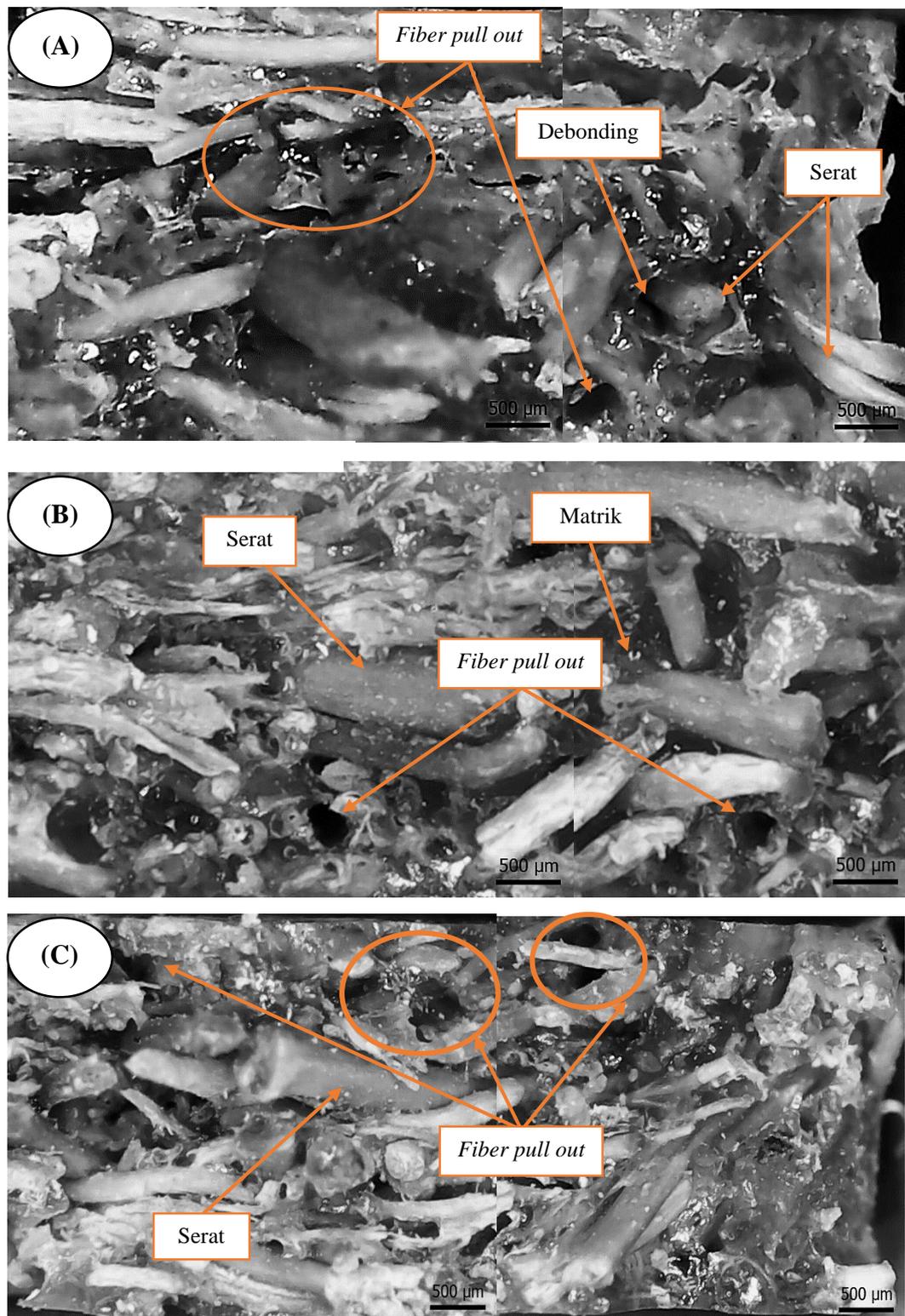
Sesuai dengan pengujian impak diatas fraksi volume serat 40% memiliki hasil ketangguhan impak lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi volume serat 30% dan 50%. Hal ini disebabkan karena pada komposit berpenguat serat 40% mendapatkan komposisi yang sesuai antara serat dan matrik sehingga didapatkan hasil pengujian impak yang optimal. .

4.2.6. Struktur Patahan Spesimen Uji Impak

Untuk mengetahui morfologi dan struktur mikro patahan komposit maka digunakan citra optik. Hasil dari foto mikro pada permukaan patahan komposit yang sudah dilakukan pengujian impak adalah sebagai berikut :



Gambar 4.8. Struktur patahan komposit uji impak dengan foto mikro
(A) Vf 30 %, (B) Vf 40%, (C) Vf 50%
pada semua bagian patahan



Gambar 4.9. Struktur patahan komposit Epoxy/TKKS

(A) variasi 30%, (B) variasi 40%, (C) variasi 50%

Dari hasil citra optik pada (gambar 4.9. dan gambar 4.10) didapatkan komposit TKKS/epoxy dengan persebaran serat TKKS pada area perpatahan yang cukup merata dan serat tidak hanya terkonsentrasi pada bagian tengah spesimen. Pada struktur patahan spesimen pengujian dampak komposit serat TKKS-epoxy resin dengan fraksi volume serat 30%, 40%, dan 50%. Terdapat *fiber pullout* dan *debonding* antara matriks epoxy dengan serat TKKS mengakibatkan sifat mekanis dari komposit rendah.

Pada hasil pengujian dampak didapatkan hasil paling tinggi yaitu fraksi volume 40%, karena hasil patahan yang dilihat pada gambar (B) yang terdapat pada gambar patahan 4.10 dapat diamati bahwa fraksi volume 40% terlihat kurangnya *fiber pullout* dan memiliki ikatan yang baik dibandingkan dengan fraksi volume 30% dan 50%.

Hasil semua patahan juga terdapat banyak sekali *void* yang mengakibatkan hasil kekuatan bending ataupun dampak menurun. Adanya *void* karena ketika proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak, tidak menutup kemungkinan masih banyak lagi *void* yang terdapat didalam komposit.

Seperti halnya *voids*, *fiber pull out* juga memiliki dampak buruk yaitu dapat mengurangi kekuatan mekanis pada komposit, dikarenakan ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya adalah ketika komposit diberikan pembebanan maka tidak ada serat yang tertarik keluar atau *fiber pullout*. Ikatan yang kuat antara matriks dan serat dapat terlihat ketika komposit yang diberikan pembebanan memiliki morfologi patahan dengan serat yang putus atau patah dan tidak tercabut dari matriksnya.

Kurangnya ikatan antara serat TKKS dengan resin epoxy di pengaruhi karena pada serat TKKS masih memiliki kandungan minyak. Pada hasil penelitian (Abubakar dkk 2006) serat TKKS mengandung residu minyak sekitar 4.5% yang akan berpengaruh signifikan terhadap ikatan kompatibilitas serat dan matriks.

4.3. Kelayakan Material Komposit

Hasil pengujian kekuatan mekanis komposit TKKS-epoxy dengan variasi fraksi volume memiliki nilai kekuatan impak maksimum sebesar 0.0208 J/mm² dan kekuatan bending maksimum sebesar 38.38 MPa. Kemudian dibandingkan dengan data penelitian material bumper mobil.

Berdasarkan JIS A 5905 : 2003, komposit TKKS dengan nilai kekuatan bending maksimum TKKS-epoxy telah memenuhi syarat papan serat dengan kuat lentur lebih besar dari 35 MPa. Kekuatan bending komposit TKKS-epoxy ini juga memenuhi standar bumper mobil dengan standar kuat lentur bumper mobil sebesar ± 32 MPa.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Christian (2010) kekuatan material bumper mobil bumper mobil Honda Accord Prestige berbahan ABS (*Acrylonitrile butadiene styrene*), bahwa pengujian material bumper mobil menunjukkan kekuatan bending sebesar $\pm 30,45$ MPa, dan hasil dari kekuatan impak bumper asli sebesar 0.016369 J/mm². Hal ini menunjukkan komposit TKKS-epoxy layak digunakan untuk pembuatan bumper mobil.